

## Література

1. Вендеров А.М. Современные технологии создания программного обеспечения. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://citforum.ru/programming/application/program/index.shtml#v>. Проверено: 07.03.2012. Загл. с экрана.
2. Щетинин Ю.И. Применение ГОСТ 34 в проектах создания современных автоматизированных систем. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/itmngt/gost34/>. Проверено: 23.02.2012. Загл. с экрана.
3. Грекул В.И. Проектирование информационных систем [Текст] / В.И. Грекул, Г.Н. Денищенко, Н.Л. Коровкина. – М.: ИНТУ-ИТ.ру, 2008. – 432 с.
4. Мацяшек Л.А. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0 [Текст], 3-е изд.: Пер. с англ. / Л.А.Мацяшек. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 816 с.
5. Майерс Г.Дж. Надёжность программного обеспечения. [Текст] / Г.Дж. Майерс. Пер. с англ. Галимова Ю.Ю., Под ред. Кауфмана В.Ш. – М.: Мир, 1980. – 356 с.
6. Кузьмук В.В. Модифицированные сети Петри и устройства моделирования параллельных процессов: Монография [Текст] / В.В. Кузьмук, О.А. Супруненко. – К.: Маклаут, 2010. – 252с.

**Представлені теоретичні основи управління системою «транспортна мережа – транспортні потоки». Описані закономірності формування транспортних потоків на основі моделювання**

**Ключові слова:** транспортна мережа, транспортні потоки

**Представлены теоретические основы управления системой «транспортная сеть – транспортные потоки». Описаны закономерности формирования транспортных потоков на основе моделирования**

**Ключевые слова:** транспортная сеть, транспортные потоки

**Theoretical bases of management by system «a transport network – transport flows» are presented. Laws of formation of transport flows on the basis of modeling are described**

**Keywords:** transport network, transport flows

УДК 656

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «ТРАНСПОРТНАЯ СЕТЬ – ТРАНСПОРТНЫЕ ПОТОКИ»

Д. Л. Бурко

Ассистент

Кафедра транспортных систем и логистики  
Харьковская национальная академия городского  
хозяйства

ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002  
Контактный тел.: (057) 707-32-61, 067-948-94-49

E-mail: [dburko@rambler.ru](mailto:dburko@rambler.ru)

## 1. Введение

Современные транспортные проблемы крупнейших городов Украины вызваны постоянно возрастающей мобильностью населения, снижением объемов перевозок общественным транспортом и ростом числа личных транспортных средств, нарастающей диспропорцией между увеличением числа транспортных средств и протяженностью транспортной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки [1]. Мероприятия, направленные на устранение данной диспропорции, влияют на эффективность системы «транспортная сеть – транспортные потоки». Управления данной системой может осуществляться при помощи организационных и административных методов,

а также методов градостроительного характера. Если первые направлены, в большей мере, на рационализацию распределения транспортных потоков во времени и пространстве при неизменных характеристиках сети, то вторые - предполагают усовершенствование транспортной сети путем её реконструкции (расширение существующих, строительство новых участков). Поскольку градостроительные мероприятия сопряжены со значительными инвестициями в развитие дорожно-транспортной инфраструктуры, существует необходимость в разработке научно – обоснованных методов оценки последствий таких мероприятий. Оценка может производиться на основе исследования закономерностей движения транспортных потоков по транспортной сети городов.

## 2. Исследование закономерностей движения транспортных потоков

Исследование закономерностей движения транспортных потоков основано на их моделировании [2]. Особое внимание этому вопросу уделено в работах Сильянова В.В., Полищука В.П., Михайлова А.Ю., Лобашова А.О. [3-6]. В последние несколько десятилетий различными исследователями был предложен целый ряд моделей транспортного потока, которые возможно объединить в две группы: динамические (детерминированные) и вероятностные (стохастические) модели [2].

Динамические модели построены на основе взаимодействия двух автомобилей. Выявленные закономерности при взаимодействии двух автомобилей распространяются на весь поток. Стохастические модели основаны на маневрировании автомобилей в потоке и применимы для случаев, когда интенсивность движения не превышает 500 авт/ч. [2]. Основной областью использования вероятностных моделей являются задачи, в которых решаются вопросы взаимодействия транспортных потоков средней интенсивности, а также технико-экономические задачи [7].

Для исследования закономерностей движения важное значение имеет основная диаграмма транспортного потока - зависимость интенсивности от плотности, которая во многих исследованиях эмпирически представляется функцией с двумя интервалами монотонности и которая вполне удовлетворительно описывает поведение стационарного однородного транспортного потока на одной полосе без обгонов [8]. Однако, более сложной задачей является описание транспортного потока на транспортных сетях городов, поскольку характер движения потока зависит не только от локальных характеристик дороги, но и от конфигурации транспортной сети. Моделирование транспортного потока в таких условиях может проводиться с использованием детерминированно-стохастических моделей [8].

Закономерности движения транспортных потоков напрямую связаны с вопросами прогнозирования объёмов передвижения между транспортными районами города [3,4]. Для этого могут использоваться методы экстраполяции различных функций, методы коэффициентов роста. Для расчёта и анализа корреспонденций транспортных потоков в крупнейших городах также возможно использование методов количества движения, специфических показателей жителей, методов аналогии, Детроитского метода, метода Фратара, синтетических методов, метода тяготения [4].

При проектировании транспортных сетей, для того чтобы оценить число поездок между различными пунктами, а также для моделирования потоков по участкам транспортной сети, обычно используется некоторая модель.

Эта модель, как правило, состоит из четырех подмоделей, которые связаны с генерацией поездок, распределением поездок, расщеплением типов коммуникаций и размещением сети [9].

Наиболее простой и распространённой моделью распределения поездок по сети является гравитаци-

онная [6, 9,10]. Транспортная гравитационная модель имеет вид [9]:

$$T_{ij} = k \cdot \frac{Q_i \cdot D_j}{c_{ij}^2}, \quad (1)$$

где  $k$  - константа;  $Q_i$  - число отправок из района  $i$ ;  $D_j$  - число прибытий в район  $j$ ;  $c_{ij}^2$  - расстояние.

При этом величины  $T_{ij}$  должны удовлетворять ограничениям [9]:

$$\sum_j T_{ij} = Q_i, \quad (2)$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j, \quad (3)$$

Это означает, что суммы по строкам и столбцам матрицы поездок (или корреспонденции) должны совпадать с числом отправок из каждого района, и с числом прибытий в каждый район соответственно. Этим ограничениям можно удовлетворить, если ввести наборы констант  $A_i$  и  $B_j$ , связанные соответственно с районами отправления и прибытия. Их называют балансирующими множителями. Кроме того, нет оснований считать, что расстояние играет в уравнении (1) такую же роль, что и в ньютоновской физике, поэтому вводится более общая функция расстояния. Модифицированная гравитационная модель имеет, таким образом, следующий вид [9]:

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \cdot Q_i \cdot D_j \cdot f(c_{ij}), \quad (4)$$

$$A_i = \left[ \sum_j B_j \cdot D_j \cdot f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad (5)$$

$$B_j = \left[ \sum_i A_i \cdot Q_i \cdot f(c_{ij}) \right]^{-1}, \quad (6)$$

Уравнения для  $A_i$  и  $B_j$  решаются итерационными методами, и можно легко проверить, что они гарантируют, что величины  $T_{ij}$  из уравнения (4) удовлетворяют ограничениям (5) и (6). Следует отметить, что величины  $c_{ij}$  в такой модели могут служить общей мерой сопротивления передвижению между  $i$  и  $j$ , в качестве которой могут выступать географическое расстояние, время передвижения, затраты на передвижение или, что часто бывает более эффективным, взвешенная комбинация этих факторов, которую иногда называют «обобщёнными затратами» [9]. При использовании гравитационной модели для транспортного прогнозирования, следует учитывать, что функция сопротивления, может не соответствовать действительности и что степень соответствия и влияние дальности изменяется в зависимости от цели маршрута. Поэтому на практике используются модификации функции сопротивления, представленные в виде степенных, экспоненциальных функций или их комбинаций.

В любом случае, использование гравитационных моделей должно сопровождаться проверкой в местных условиях, с выведением параметров функции сопротивления [4].

Возможны и другие подходы к построению элементарных моделей распределения. Наиболее популярная альтернатива гравитационной модели - это модель конкурирующих возможностей [9].

Распределение транспортных потоков по сети также возможно осуществлять следующими методами: методом кратчайшего расстояния, методом распределения на большее количество трасс, методом ограниченной пропускной способности [4].

Метод кратчайшего расстояния является самым простым. Он основан на допущении, что водитель при поездке выбирает всегда самый короткий путь, который является выгодным по времени. Недостатком такого подхода является то, что альтернативные пути не рассматриваются [4].

Метод распределения на большее количество трасс старается заменить ряд влияний тем, что путем расчетов отыскивается больше трасс, хотя и согласно одного критерия (как правило, временного). В этом случае транспортная связь в определенном соотношении, аналогичная соотношению времени в дороге, распределяется на найденные трасы.

В расчеты вводятся разные ограничения, которые предотвращают использование или очень длинных трасс, или таких, на которые есть неудобные объезды [4].

Недостатком двух вышеупомянутых методов является то, что они не учитывают отношения интенсивности к пропускной способности дороги. Определенная трасса, которая наиболее выгодна из соображений времени, является довольно привлекательной, поэтому используется наиболее часто. Однако в часы-пик интенсивность на ней может приближаться к ее пропускной способности, движение транспортного потока замедляется, и трасса

перестает быть кратчайшей по времени. По этой причине математическая модель должна учитывать эти обстоятельства, когда водитель в часы-пик начинает выбирать хотя и немного более длинные трасы, но в пиковом периоде более удобные. Метод ограниченной пропускной способности учитывает эти моменты [4].

При проведении расчетов с помощью этого метода сначала на сеть распределяется только определенная часть каждой транспортной связи, потом на отдельных участках оценивается соотношение интенсивности и пропускной способности и, в зависимости от того в какой степени использована пропускная способность участка, изменится характеристика участка, другими словами, возрастет время в дороге. В следующей итерации распределяется следующая часть связей, снова оценивается соотношения интенсивности и пропускной способности на отдельных участках, снова изменяется время в дороге и т.д. Таким образом, математическая модель этого метода лучше отображает действительность, однако за счёт более продолжительных расчетов (в зависимости от числа итераций) [4].

## Выводы

Знание закономерностей распределения потоков позволяет моделировать характеристики дорожного движения (интенсивность, скорость) и определить недостатки функционирования системы «транспортные потоки – транспортная сеть». Управление данной системой должно заключаться в обеспечении соответствия характеристик транспортной сети требованиям транспортных потоков.

## Литература

1. Пугачёв, И. Н. Организация и безопасность дорожного движения [Текст]: учеб, пособие / И.Н. Пугачёв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. - М.: Академия, 2009. - 272 стр.
2. Карась, Ю. В. Транспортные потоки и безопасность движения на автомобильных дорогах [Текст]: учеб, пособие / Ю.В. Карась. - Казань: НХТИ им С.М. Кирова, 1987. - 80 с.
3. Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения [Текст] / В. В. Сильянов. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.
4. Системологія на транспорті [Текст]. Т.4. Організація дорожнього руху / Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.; під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. - К.: Знання України, 2007. - 452 с.
5. Михайлов, А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов [Текст] / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. - Новосибирск: Наука, 2004. - 267 с.
6. Лобашов, А. О. Теоретические основы формирования транспортных потоков в крупнейших городах [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01/ А. О. Лобашов; [Харьк. нац. акад. гор. х-ва]. - Х., 2011. - 42 с.
7. Бойков, В.Н. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road) [Текст] / В.Н. Бойков, Г.А. Федотов, В. И. Пуркин. - М.: МАДИ, 2005. - 224 с.
8. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения [Текст]/ А.П. Буслаев, А.В. Новиков, В.М. Приходько и др.; под общ. ред. В. М.Приходько. - М.: Мир, 2003, - 368 с.
9. Вильсон, А. Дж. Энтропийные методы моделировании сложных систем [Текст]: пер. с англ. - М.: Наука, 1978. - 248 стр.
10. Методические рекомендации по расчёту потоков индивидуального транспорта в городах [Текст]: НИПИ Градостроительства. - К.: 1979. - 41с.